

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko – geologická fakulta

Katedra environmentálního inženýrství

**HODNOCENÍ VYČIŠTĚNÝCH ODPADNÍCH VOD
Z VYBRANÝCH DOMOVNÍCH ČOV**

Bakalářská práce

Autor:

Čestmír Černý

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Miroslav Kyncl

Ostrava 2019

VŠB - TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

Faculty of Mining and Geology

Department of Enviromental Engineering

**EVALUATION OF TREATED WASTEWATER FROM
SLECTED HOUSEHOLD WASTEWATER TREATMENT
PLANTS**

Bachelor thesis

Author:

Čestmír Černý

Supervisor:

prof. Dr. Ing. Miroslav Kyncl

Ostrava 2019

Zadání bakalářské práce

Student: **Čestmír Černý**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 2102R006 Technologie a hospodaření s vodou
Téma: **Hodnocení vyčištěných odpadních vod z vybraných domovních čistíren
odpadních vod**
**Evaluation of treated wastewater from selected household wastewater
treatment plants**

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Úvod

Technologie a provozování domovních čistíren odpadních vod

Kontrola vybraných domovních čistíren

Vyhodnocení získaných výsledků

Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Dohányos M., Koller J., Strnadová N.: Čištění odpadních vod, VŠCHT Praha, 2007, ISBN 978-80-7080-619-1

Water treatment handbook, France: Degremont, 2007 vol.1. 785 p. ISBN 978-2-74030-0970-0

Hlavínek, P., Mičín J., Prax, P.: Příručka stokování a čištění, NOEL 2005 s.r.o. Brno 2001

Synáčková, Synáček: Vodní hospodářství obcí I, Úprava a čištění vod. Skripta ČVUT Praha, 2006

Malý J., Malá J.: Chemie a technologie vody, ARDEC s.r.o. Brno, 2.vydání, 2009, ISBN 80-86020-50-9


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. Dr. Ing. Miroslav Kyncl**

Datum zadání: 31.10.2018

Datum odevzdání: 30.04.2019




doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu. Byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a §60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.

Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution – NonCommercial - ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne

Čestmír Černý

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval prof. Dr. Ing. Miroslavovi Kynclovi za odborné vedení mé práce a za cenné rady při jejím zpracování. Rovněž bych chtěl poděkovat paní Jarmile Bílské a Ing. Petře Malíkové, Ph.D. za dohled, trpělivost a rady při mé práci v laboratoři. Také bych chtěl poděkovat své rodině za podporu a za pomoc při získávání vzorků pro mou práci.

ANOTACE

Ve své bakalářské práci jsem se zabýval technologií, provozováním a kontrolou domovních čistíren. První část mé bakalářské práce tvoří literární rešerše na témata jako čištění odpadních vod, druhy domovních čistíren, technické parametry mnou vybraných DČOV a emisní standardy vypouštěných vyčištěných odpadních vod. V praktické části své práce jsem popisoval způsob odebírání vzorku odtoků tří domovních čistíren, jejich stav a následnou analýzu mnou odebraných vzorků. Dále jsem výsledky analýzy porovnal s emisními standardy vypouštěných odpadních vod a určil účinnost čištění odpadních vod domovními čistírnami.

Klíčová slova: Domovní čistírny odpadních vod, čištění odpadních vod, odpadní voda, emisní standardy

Summary

In my Bachelor thesis I dealt with the technology, operation and checks of household wastewater treatment plants. The first part contains literature review on topics such as waste water treatment, types of household wastewater treatment plants, technical parameters of the selected household wastewater treatment plants and emission standards of the discharged purified waste waters. In the practical part of my thesis I described the sampling methods of outflows from three household wastewater treatment plants, their condition and consequential analysis of the taken samples. Next I compared the analysis results with emission standards of the discharged waste water and defined the effectivity of wastewater treatment by the selected household wastewater treatment plants

Keywords: Household wastewater treatment plants, wastewater treatment, wastewater. Emission standards

Obsah

1	ÚVOD A CÍL PRÁCE	1
2	TECHNOLOGIE A PROVOZOVÁNÍ DOMOVNÍCH ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD 2	
2.1	Kategorie domovních čistíren odpadních vod	2
2.1.1	Kategorie I	2
2.1.2	Kategorie II	2
2.1.3	Kategorie III.....	3
2.2	Typy domovních čistíren odpadních vod.....	3
2.2.1	Anaerobní čistírny odpadních vod	3
2.2.2	Biologické filtry	4
2.2.3	Rotační biofilmové reaktory	4
2.2.4	SBR reaktory.....	5
2.2.5	Biofilmový reaktor (aktivace s bionosičem).....	6
2.2.6	Aktivace s membránovou filtrací.....	6
3	REALIZACE A PROVOZOVÁNÍ DČOV	7
3.1	Instalace DČOV	8
3.2	Uvedení do provozu	9
4	ODPADNÍ VODA	9
4.1	Splaškové odpadní vody	9
4.1.1	Složení a vlastnosti splaškových odpadních vod	9
4.2	Průmyslové odpadní vody.....	10
4.3	Dešťové odpadní vody	10
5	ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD	10
5.1	Mechanické čištění.....	10

5.1.1	Lapák šterku.....	11
5.1.2	Česle.....	11
5.1.3	Lapák písku.....	12
5.1.4	Usazovací nádrže	12
5.1.5	Dosazovací nádrže	13
5.2	Fyzikálně chemické čištění	13
5.3	Biologické čištění.....	14
5.3.1	Nitrifikace a denitrifikace	14
5.4	Biologické odstraňování fosforu.....	15
5.5	Ekvivalentní obyvatel	15
6	KONTROLA VYBRANÝCH DOMOVNÍCH ČISTÍREN.....	16
6.1	ČOV GONAP 5Pb	16
6.1.1	ČOV AT6.....	17
6.2	Sledované parametry.....	18
6.2.1	BSK.....	19
6.2.2	CHSK.....	19
6.2.3	NEROZPUŠTĚNÉ LÁTKY	19
6.2.4	AMONIAKÁLNÍ DUSÍK	19
6.3	Limity přípustného znečištění	20
7	STAV VYBRANÝCH DOMOVNÍCH ČISTÍREN	20
7.1	DČOV AT6-1.....	20
7.2	DČOV AT6-2.....	21
7.3	DČOV 5Pb	22
8	ODBĚR VZORKŮ.....	23
9	ANALÝZA VZORKŮ	24

9.1	Teplota	24
9.2	pH.....	25
9.3	Amoniakální dusík	26
9.3.1	DČOV AT6-1.....	27
9.3.2	DČOV AT6-2.....	27
9.3.3	DČOV 5Pb.....	28
9.4	CHSK _{cr}	28
9.4.1	DČOV AT6-1.....	29
9.4.2	DČOV AT6-2.....	29
9.4.3	DČOV 5PB	30
9.5	BSK ₅	30
9.5.1	DČOV AT6-1.....	31
9.5.2	DČOV AT6-2.....	31
9.5.3	DČOV 5Pb.....	32
9.5.4	Výpočet koncentrace rozpuštěného kyslíku.....	32
9.5.5	Výpočet hodnoty BSK ₅	33
9.6	Nerozpuštěné látky.....	33
9.6.1	DČOV AT6-1.....	34
9.6.2	DČOV AT6-2.....	35
9.6.3	DČOV 5Pb.....	35
10	ZÁVĚR.....	36
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	37
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	41
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	42
	SEZNAM TABULEK	43

1 ÚVOD A CÍL PRÁCE

Spotřeba vody roste, avšak potřebné zásoby nikoli. S růstem spotřeby vody se zároveň zvyšuje produkce vody odpadní. Její vypouštění bez náležité úpravy má negativní vliv na životní prostředí a zároveň sebou nese značné hygienické riziko.

Dnes je snaha čistit veškeré odpadní vody. Ve většině případů jsou odpadní vody měst a obcí vedeny do kanalizací a jsou dále před vypouštěním upravovány na centrálních čistírnách tak, aby vyčištěná odpadní voda nijak neznečistila životní prostředí. Je však stále řada míst, ve kterých prozatím není možnost napojení na centrální čistírnu odpadních vod. Jedním z řešení této situace je výstavba tzv. domovních čistíren, které jsou schopny přiblížit se kvalitou vyčištěných odpadních vod velkým čistírnám.

Cílem mé práce bylo vyhodnotit kvalitu vypouštěných odpadních vod domovními čistírnami a tedy určit účinnost čištění odpadních vod pomocí DČOV. V teoretické části své bakalářské práce se zabývám různými typy domovních čistíren, jejich provozem, samotným čištěním odpadní vody a parametry určujícími její kvalitu. V praktické části mé práce je popsán stav jednotlivých domovních čistíren, odběr vzorků jejich odtoku, dále jejich analýza a porovnání výsledků s emisními standardy vypouštěných odpadních vod.

2 TECHNOLOGIE A PROVOZOVÁNÍ DOMOVNÍCH ČISTÍREN ODPADNÍCH VOD

Domovní čistírna je vodní dílo určené k čištění splaškových odpadních vod a následnému vypouštění vyčištěných odpadních vod. Domovní čistírna odpadních vod se zřizuje v případě, kdy není možné napojení na centrální kanalizaci a centrální ČOV. Domovní čistírna je certifikovaná podle nařízení Evropského parlamentu a Rady 305/2011 ze dne 9. března 2011, kterým se stanoví harmonizované podmínky pro uvádění stavebních výrobků na trh a kterým se zrušuje směrnice Rady 89/106/EHS, a podle ČSN EN 12566-3+A2 Malé čistírny odpadních vod do 50 ekvivalentních obyvatel - Část 3: Balené a/nebo na místě montované domovní čistírny odpadních vod. [1]

2.1 Kategorie domovních čistíren odpadních vod

DČOV se podle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. dělí na kategorie dle typu vod do kterých je vyčištěná odpadní voda vypouštěna.

2.1.1 Kategorie I

DČOV určené pro obvyklé vypouštění do vod povrchových. S DČOV kategorie I se uvažuje jako s obvyklým řešením pro většinu lokalit, ve kterých se využití DČOV předpokládá, a to zejména tam, kde se prokáže, že použitím zařízení této kategorie nebudou překročeny normy environmentální kvality uvedené v příloze č. 3 k tomuto nařízení. Příslušným certifikátem dle ČSN EN 12566-3 je doložena požadovaná úroveň odstranění uhlíkatého znečištění. [1]

2.1.2 Kategorie II

DČOV, u nichž je vyšší účinnost odstranění uhlíkatého znečištění a stabilní nitrifikace nutná vzhledem ke zvýšené ochraně povrchových vod, zejména tam, kde zvýšený obsah amoniaku může působit toxicky na vodní ekosystémy a tam, kde malá vodnost toku nezaručuje dosažení norem environmentální kvality a požadavků na užívání vod uvedených v příloze č. 3 k tomuto nařízení. DČOV musí garantovat při navrhovaném zatížení dostatečné aerobní stáří kalu tj. větší objem aktivace ve srovnání s kategorií I nebo jiný konstrukční prvek zaručující zvýšení koncentrace vhodných mikroorganismů v systému např. nosič biomasy apod. [1]

2.1.3 Kategorie III

DČOV, u nichž je vyšší účinnost nitrifikace, částečné odstraňování dusíku denitrifikací a odstranění fosforu nutné z důvodu vypouštění do vod povrchových s přísnějšími požadavky z důvodu užívání vod pro vodárenské účely apod. Jedná se nejčastěji o DČOV kategorie II, doplněné např. membránovou filtrací nebo jiným dalším stupněm čištění - chemickým srážením, filtrací (pískový filtr, zemní filtr), sorpcí apod. Tyto DČOV musí být vybaveny odděleným prostorem pro akumulaci kalu. [1]

2.2 Typy domovních čistíren odpadních vod

Existuje celá řada typů domovních čistíren odpadních vod, které se od sebe liší cenou, konstrukcí, velikostí a principem čištění. Různé typy jsou použity pro jiné objekty a podle počtu napojených obyvatel.

2.2.1 Anaerobní čistírny odpadních vod

Čistírna je sestavena jako kompaktní nádrž rozdělená na tři hlavní části. Na anaerobní reaktor s biofiltrem, dále na usazovací a dosazovací nádrž. Rozklad organických látek za pomoci biofiltru probíhá v anaerobním prostředí. Napodobují a zdokonalují se tak procesy probíhající v přírodě na dnech jezer a rybníků. Díky bakteriím, které rostou na členitém povrchu biofiltru, se postupně z vody odstraňuje organické znečištění. Tento způsob čištění je doplňován o zemní pískové filtry. Anaerobní čistírna odpadních vod je vhodná pro menší objekty s přerušovaným provozem, je výhodná zejména díky své nízké provozní i pořizovací ceně. Nevýhodou je omezená životnost filtrů. [2], [3], [4]



Obrázek 1 Anaerobní čistírna odpadních vod [5]

2.2.2 Biologické filtry

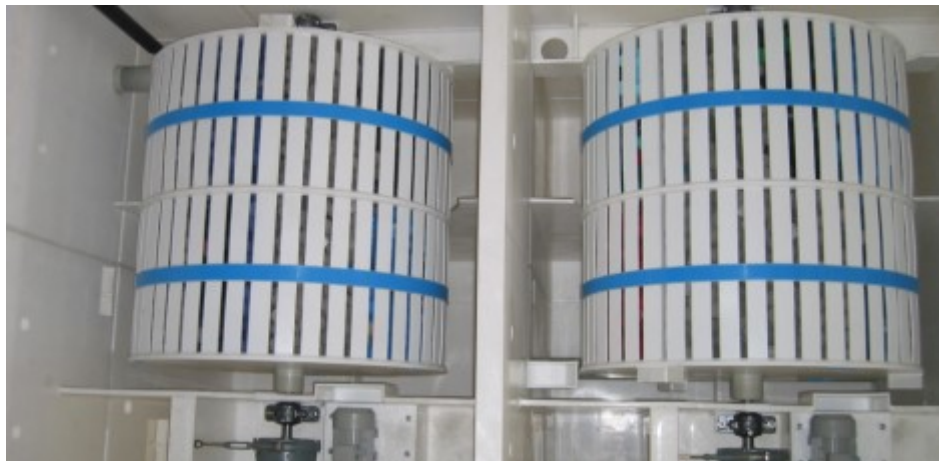
Tento druh domovní čistírny je založen na čištění pomocí mikroorganismů sídlících na povrchu pevného materiálu nazývaného bionosič. Odpadní voda je na tento povrch přiváděna v podobě kapek zvětšuje se tak styčná plocha mikroorganismů a odpadní vody. Konstrukce tohoto zařízení se skládá z nádrže s roštovým dnem a náplní tvořící bionosič. Komínovým tahem je přes dno do zařízení přiváděn vzduch. Na povrchu bionosiče se postupně tvoří biofilm, který rozkládá organické znečištění. Účinnost dosahuje až 80-90 % BSK₅, to závisí na volbě bionosiče a velikosti biofiltru. Tento typ je vhodný pro objekty s trvalým obydlím. Výhodami jsou nízká cena a nenáročnost obsluhy provozu oproti tomu nevýhodou je velká závislost na teplotě a jiných vlivech měnící rozpustnost kyslíku. Další riziko je zanesení filtru při nedostatečné funkčnosti usazovací nádrže. [2], [3], [4]



Obrázek 2 Zkrápěný filtr [6]

2.2.3 Rotační biofilmové reaktory

Čištění odpadních vod stejně jako u biofiltů probíhá stykem vody a směsné kultury na povrchu bionosiče. V tomto případě je pevný nosič ve formě disku, který se otáčí a je z části ponořený v odpadní vodě. Mikroorganismy na povrchu jsou tedy střídavě ve styku s vodou a se vzdušným kyslíkem. Nádrž je rozdělena na zónu usazovací, na část s biodisky a část dosazovací. Tento typ je ve sféře domovních čistíren poměrně rozšířený. Tyto čistírny se vyznačují především dobrou stabilitou provozu a nenáročností obsluhy ale za to větší spotřebou energie. [2], [3], [4]



Obrázek 3 Rotační biofilmové reaktory [7]

2.2.4 SBR reaktory

SBR je zkratka ze sequencing batch reactor, jedná se tedy o sekvenční fázový reaktor, což je nádrž rozdělená na několik částí ve, kterých probíhá čištění. V jedné části probíhají procesy usazovací společně s akumulací a stabilizací kalu. Druhou částí reaktoru je aktivační část, kde je aeračními elementy dávkován vzduch do odpadní vody. Všechny procesy v SBR reaktoru na sebe plynně navazují. U procesu aktivace může být nastavena denitrifikace a případné odstraňování fosforu vysrážením. Provoz SBR reaktoru je řízen automaticky pomocí mikročipu, uloženém v řídicí jednotce. Díky automatickému řízení je provoz šetrnější ve spotřebě energie a přepínání fází reaktoru je efektivní. [2], [4]



Obrázek 4 SBR reaktor [8]

2.2.5 Biofilmový reaktor (aktivace s bionosičem)

U tohoto typu čistírny se biofilm na pevném nosiči vyskytuje v aktivační nádrži v podobě lamel, kuliček či jiných tvarů. Materiál bionosiče je převážně plast. Je důležité aby bionosič měl co největší měrný povrch pro co nejlepší nárůst biomasy. V aktivaci slouží ke stabilizování provozu a u dosazování zlepšuje separaci kalu. Pokud je pevný nosič dobře navržen tak se postupně nezanášá aktivovaným kalem. Výsledkem je dosažení stejné účinnosti čištění při menším objemu nádrže. [2], [4]



Obrázek 5 Nosič biomasy [9]

2.2.6 Aktivace s membránovou filtrací

Principem tohoto typu čistírny přítomnost membrány v aktivačním procesu. Ta je ve formě desek či dutých vláken. Odstraňuje biologické znečištění ultrafiltrací aktivovaného kalu tímto je i nahrazena funkce dosazovací nádrže. Membrána se regeneruje buď chemicky anebo se vymění po zanesení. Z odpadní vody, která projde touto filtrací, jsou odstraněny viry a bakterie, díky tomu může být vyčištěná voda použita jako technická, či zavlažovací. Tento způsob čištění se vyznačuje vysokou účinností a to CHSK 95-98% a také menším prostorem obestavění. [2], [4]



Obrázek 6 ČOV s membránovou filtrací [10]

3 REALIZACE A PROVOZOVÁNÍ DČOV

Domovní čistírna je vodní dílo tudíž se u jejího zřízení řídíme vodním zákonem 254/2001 Sb. K provedení vodních děl určených pro čištění odpadních vod do kapacity 50 ekvivalentních obyvatel, jejichž podstatnou součástí jsou výrobky označované CE podle zvláštního právního předpisu^{10c)}, postačí ohlášení vodoprávnímu úřadu. Při jejich ohlašování se přiměřeně použijí ustanovení stavebního zákona o ohlašování staveb.

(2) Ohlášení vodního díla podle odstavce 1 obsahuje

- a) náležitosti podle stavebního zákona⁴⁾,
- b) kategorii výrobku označeného CE,
- c) projektovou dokumentaci zpracovanou osobou, která získala oprávnění k této činnosti podle zvláštního právního předpisu^{10d)},
- d) způsob vypouštění odpadních vod,
- e) vyjádření příslušného správce vodního toku v případě vypouštění odpadních vod z vodního díla do vod povrchových,
- f) stanovisko správce povodí,
- g) vyjádření osoby s odbornou způsobilostí v případě vypouštění odpadních vod z vodního díla přes půdní vrstvy do vod podzemních a

h) provozní řád.

(3) Udržovací práce, které by mohly negativně ovlivnit životní prostředí nebo stabilitu vodního díla, je jeho vlastník povinen ohlásit vodoprávnímu úřadu. Ohlášení podléhá i obnova vodních děl zničených živelní pohromou nebo havárií a vodohospodářské úpravy; zemní práce a změny terénu v přirozených korytech vodních toků a na pozemcích sousedících s nimi, jimiž se podstatně nemění přirozená koryta vodních toků, nevyžadují stavební povolení ani ohlášení. V případech podle věty první a druhé činí lhůta pro sdělení vodoprávního úřadu, že nemá námitek, 15 dnů; v této lhůtě může stavební úřad ohlášenou obnovu nebo udržovací práce nebo vodohospodářské úpravy zakázat.

(4) Jestliže vodoprávní úřad s provedením ohlášeného vodního díla souhlasí, má se za povolené i nakládání s vodami podle § 8 odst. 1 písm. c); ustanovení § 9 odst. 2 se v takovém případě nepoužije. Vodoprávní úřad sdělí tyto skutečnosti bez zbytečného odkladu správci povodí. V případě, že je provedením ohlášeného vodního díla dotčen vodní tok, sdělí vodoprávní úřad tyto skutečnosti též příslušnému správci vodního toku. V případě kdy dojde k zamítnutí ohlášení, vodoprávní úřad rozhodne o provedení stavebního řízení. Proti takovému usnesení se nelze odvolat. [11]

3.1 Instalace DČOV

Po schválení projektové dokumentace můžeme začít se stavbou, ta se skládá z přítokového potrubí připojeného k domu, jednotky čistírny a odtokového potrubí zaústěného buď do kanalizace, recipientu či infiltrační jednotky. Jednotku čistírny je nutné uložit na základovou betonovou desku. ČOV musí být zajištěna proti působení sil jako je hydraulický tlak vody v nádrži a zemní tlak zásypu zeminy. Zajištění je prováděno obetonováním. Základová betonová deska musí být vždy nad hladinou podzemní vody. Před zahájením stavby je třeba odstranit veškeré cizí předměty a srážkovou vodu z vnitřních prostor DČOV. Po usazení se čistírna napouští asi do 0,5 m vodou a je zahájena betonáž obvodu. Po úspěšné instalaci čistírny musí výrobce provést řadu zkoušek před uvedením čistírny do zkušebního provozu. [2], [3]

3.2 Uvedení do provozu

Zprovoznění domovní čistírny provádí dodavatel po tom, co proběhne kontrola správnosti instalace DČOV a její seřízení. Vlastník je zaškolen o obsluze a je mu předána technická dokumentace spolu se záručním listem, protokolu o zkoušce vodotěsnosti, provozním deníkem a stručným návodem o obsluze DČOV. Obsluhu čistírny provádí osoby způsobilé, proškolené a straší 18 let. [2], [3]

4 ODPADNÍ VODA

Odpadní voda je veškerá voda použitá v domácnostech, nemocnicích, chemických závodech, městech, zařízeních atd., která po svém využití jakkoli změnila své chemické či fyzikální vlastnosti. Odpadní vody dělíme do skupin podle vzniku, jsou to odpadní vody městské, průmyslové a splaškové [12], [13]

4.1 Splaškové odpadní vody

Jedná se o vody vzniklé v rodinných domech, městech a jiných objektech využívaných lidmi. Tyto vody jsou znečištěné lidskou biologickou činností. Vyprodukované množství splaškových odpadních vod by mělo odpovídat spotřebě vody. [12]

4.1.1 Složení a vlastnosti splaškových odpadních vod

Největší část organického znečištění a to až 80 % pochází z moči a fekálií. Odhadovaná produkce fekálie na člověka za den je 120 až 330 g s obsahem sušiny 30 až 75g. Sušina se z 90 % skládá z organických látek, jedná se o zbytky střevních bakterií, lipidy, bílkoviny, polysacharidy a jejich rozkladné produkty. Většina anorganického znečištění pochází z moči ve formě dusíku. Obsah anorganických látek je dále ovlivněn složením spotřebované pitné vody a vypouštěním různých chemikálií jako jsou prací a čisticí prostředky. Ve splaškových odpadních vodách se rovněž nachází zbytky potravin, textilie, papír a plasty. Teplota splašků kolísá s ročním obdobím. V letních měsících se teplota pohybuje okolo 20 stupňů celsia a v zimě od 8 do 12 stupňů celsia. Splaškové odpadní vody mají pH neutrální či slabě zásadité a to od 6,5 do 8,5. [12], [14]

Tabulka 1 Složení splaškových odpadních vod [12]

	BSK	CHSK	Ncelk	Pcelk	RL	NL
mg/l	400	800	70	15	830	370

V tabulce č. 1 jsou uvedeny průměrné hodnoty znečištění splaškových odpadních vod.

4.2 Průmyslové odpadní vody

Odpadní voda, která pochází z průmyslové výroby a taky ze zemědělské činnosti. Odpadní vody z průmyslu jsou často příliš znečištěné na to, aby mohly být vedeny na centrální čistírny odpadních vod, kde by mohly narušit fungování ČOV. Je tedy nutné, aby jednotlivé provozy měly vlastní čistírny odpadních vod uzpůsobené pro dané znečištění.

4.3 Dešťové odpadní vody

Zdrojem dešťových vod je ovzduší. Tyto vody se vyznačují větším obsahem oxidu uhličitého. Celkové složení je ovlivněno tím, co je do ovzduší vypouštěno. Spalováním uhlí bohatého na síru vzniká oxid siřičitý. Oxid siřičitý je dále oxidován na oxid sírový, který reaguje s vodou v ovzduší za vzniku kyseliny sírové. Výsledkem jsou takzvané kyselé deště, které negativně působí na biosféru. [15]

5 ČIŠTĚNÍ ODPADNÍCH VOD

Kdysi se odpadní vody vypouštěly přímo do recipientu, což vedlo ke zhoršení kvality povrchových i podzemních vod. Proto dnes odpadní vody prochází komplexním systémem čištění k dosažení požadované kvality pro vypouštění. To je přínosné pro životní prostředí. Díky možnosti získávání surovin a energie v procesu čištění se na odpadní vodu pohlíží rovněž jako na surovinu místo jen odpadního produktu.

5.1 Mechanické čištění

Mechanické čištění je prvním stupněm v odstraňování znečištění z odpadních vod, u domovních čistíren se jedná od odstranění nerozpuštěných látek pomocí sedimentace, ale do větších čistíren nepřitékají pouze odpadní vody splaškové a tak musí před procesem usazování předcházet odstranění hrubých nečistot jako je štěrka, písek a jiné větší částice, které by mohli poškodit zařízení čistírny nebo jinak ohrozit její fungování. [16], [17],

5.1.1 Lapák štěrku

Lapák štěrku je nejčastěji betonová jímka, která se nachází hned za přítokem do čistírny. Volnou sedimentací se zde usazuje štěrk, ale také kameny a jiné těžké předměty velkých průměrů. Lapák štěrku slouží hlavně jako ochrana před poškozením dalších zařízení čistírny. Obsah jímky lapák je pravidelně vybírán speciálním rýpadlem (viz obr. č. 20) a štěrk je odvážen z čistírny. Funkce lapáku štěrku je nejdůležitější v obdobích přívalových dešťů, kdy dochází ke splachu. [18], [19],



Obrázek 7 Lapák štěrku [20]

5.1.2 Česle

Česle jsou zařízení určené k odstranění pevných nečistot. Jsou konstruovány jako mříž z ocelových prutů, které se nazývají česlice a z otvorů mezi nimi kterým se říká průliny. Velikost průlin určuje, jak malé částice jsou česlemi zachycena a dělí tak česle na jemné a hrubé. U jemných je velikost průlin menší než 40 mm a u hrubých větší než 60 mm. Pevným částicím zachyceným česlemi se souhrnně říká shrabky, jedná se hlavně o hadry, papír, gumu, ovoce, zeleninu, plasty, filtry od cigaret a fekálie. Shrabky jsou z česlí odstraňovány pomocí hrabel a to buď manuálně či strojně. Shrabky představují hygienické riziko a musí být upraveny a spáleny při teplotě 780 stupňů celsia. Důležitý faktor pro správnou funkci česlí je rychlost protékající vody, ta by neměla přesáhnout 0,9 m/s protože by docházelo k průchodu částic skrz česle. Rychlost vody by však neměla být menší než 0,3 m/s, v tomto případě by docházelo k sedimentaci písku. Česle by měla s hladinou svírat úhel od 30 do 60 stupňů. [21], [22], [23]



Obrázek 8 Ručně stírané česle [23]

5.1.3 Lapák písku

Jedná se o zařízení určené na odstraňování suspendovaných a anorganických látek o velikostech od 0,1 do 0,2 mm. Lapáky mohou být rovněž uzpůsobeny pro odlučování tuků. Tuky se vlivem zpomaleného proudění hromadí na hladině a jsou mechanicky stírány do žlabů. Lapák písku funguje na principu zpomalení průtočné rychlosti a oddělení částic s větší hustotou od vody za pomoci gravitační síly. Lapáky se podle směru proudění vody dělí na lapáky s horizontální, vertikální a příčnou cirkulací. [16], [21]



Obrázek 9 Lapák písku [24]

5.1.4 Usazovací nádrže

Odstraňují se zde sedimentující pevné částice vlivem gravitační síly. Voda zbavena usazených nečistot nepřerušovaně odtéká, jedná se o nádrž průtočnou. Nádrže s přerušovaným provozem se dnes používají pouze zřídka, tento druh nádrží se nazývá dekantální. Průtočné nádrže se dělí podle konstrukce a směru proudění na pravoúhlé

s horizontálním průtokem, kruhové s horizontálním průtokem a vertikálně protékané. Nejběžnější typ konstrukce je betonová nádrž s kruhovým půdorysem a horizontálním průtokem. Po obvodu nádrže je přepad odvádějící vyčištěnou vodu. Usazené nečistoty jsou shrnovány do středu nádrže pomocí stíracího zařízení a dole odváděny do potrubí. Sediment odstraňovaný z nádrže se nazývá primární kal. [25], [18]



Obrázek 10 Usazovací nádrž [26]

5.1.5 Dosazovací nádrže

Dosazovací nádrže mají stejnou konstrukci a princip fungování jako nádrže usazovací, jsou však umístěny za biologickým čištěním. Dochází zde k oddělení vody a aktivovaného kalu z aktivační nádrže. Část kalu se vrací zpět do aktivace a část odchází jako přebytečný kal na zpracování společně s kalem primárním. [27], [17]

5.2 Fyzikálně chemické čištění

Co se fyzikálně chemických metod týče, jedná se hlavně o srážení rozpuštěných forem iontů fosforu za pomoci koagulantů či flokulantů, které převedou fosfor do nerozpustné formy v podobě vloček. Fosfor je pak jednodušeji odstraněn z odpadní vody. Nejčastějším způsobem u ústředních čistíren je dávkování síranu železitého do odpadní vody v dosazovací nádrži. Fosfor je odváděn s přebytečným kalem. [21], [2]

5.3 Biologické čištění

Biologické čištění je souhrnné označení pro metody odstraňování znečištění z odpadních vod pomocí bakterií a dalších mikroorganismů intenzifikací dějů, které probíhají v přírodě samovolně. Tyto mikroorganismy umí odstranit pouze znečištění organické a biologicky rozložitelné. Takové látky jsou použity mikroorganismy jako výživa a zdroj energie pro život, množení a růst, konečnými produkty těchto dějů jsou oxid uhličitý a voda. Tyto látky jsou souhrnně nazývány substrát. Aby docházelo k syntéze buněčné hmoty, musí mít mikroorganismy k dispozici takzvané biogenní prvky, jedná se hlavně o uhlík, vodík, dusík, fosfor a síru. Procesy biologického čištění dělíme na aerobní a anaerobní, u obou druhů musí být nastaveny různé podmínky a jsou přítomny jiné druhy mikroorganismů. Na čistírně odpadních vod tyto procesy probíhají v aktivačních nádržích (viz obrázek č. 11). Jsou to betonové nádrže nejčastěji obdélníkového půdorysu, do kterých je aeračními elementy přiváděn vzduch. Odpadní voda je mísená s mikroorganismy v podobě směsi aktivovaného a vratného kalu a je intenzivně okysličována. Vyčištěná odpadní voda je od kalu oddělena v dosazovací nádrži. Určité množství odděleného aktivovaného kalu je jako vratný kal vedeno zpět do aktivačních nádrží a část je pravidelně odváděna ve formě přebytečného kalu k dalšímu zpracování. [28], [21], [16]

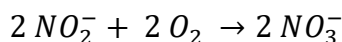


Obrázek 11 Aktivační nádrže [29]

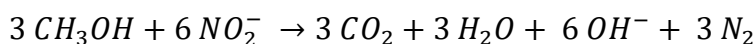
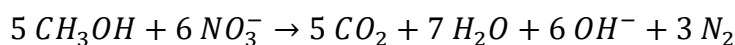
5.3.1 Nitrifikace a denitrifikace

Snížení koncentrace sloučenin dusíku před vypuštěním do recipientu je velmi důležité. Dusík se značně podílí na eutrofizaci toku a ve formě amoniaku spotřebovává ve vodě kyslík. Dusík se na čistírně odpadních vod odstraňuje v aktivačních nádržích v několika stupních. Nitrifikace je dvoustupňový děj. Na začátku se amoniak oxiduje

bakteriemi *nitrosococcus*, *nitrospira* a *nitrosocystis* na dusitany a v druhém stupni jsou dusitany oxidovány na dusičnany bakteriemi *nitrobacter* a *nitrocystis*. [30], [16]



Aktivační nádrže jsou upraveny tak aby obsahovaly nejen aerobní ale také anoxické zóny, ve kterých probíhá denitrifikace. Denitrifikace je děj, při kterém se dusičnany a dusitany redukuje na plynný dusík opět díky mikroorganismům. Jedná se například o bakterie *denitrobacillus*, *pseudomonas* či *chromobacterium*. [30], [16]



5.4 Biologické odstraňování fosforu

Fosfor odstraňujeme z odpadních vod ze stejného důvodu jako dusík, tyto prvky se podílí na eutrofizaci povrchových vod. Abychom dosáhli zvýšeného biologického odstraňování fosforu je nutno provoz upravit tak, aby se střídaly zóny aerobní a anaerobní. K procesu odstraňování fosforu je zapotřebí přítomnost bakterií se schopností zvýšené akumulace fosforu. Jedná se hlavně o bakterie z rodu *acinetobacter*. Tyto bakterie jsou schopny akumulovat nízkomolekulární organické sloučeniny ve svých buňkách například ve formě poly-b-hydroxymásečné kyseliny. K této reakci je využita energie z rozkladu polyfosfátů. V přítomnosti aerobního prostředí dochází v buňkách bakterií k oxidaci PHB při které se uvolňuje energie, která je využita k akumulaci orthofosforečnanů v bakteriích. Opět dochází k přeměně na zásobní látky z orthofosforečnanů. Fosfor se shromažďuje v kalu, který je dále na čistírně zpracován. [18], [21], [16]

5.5 Ekvivalentní obyvatel

Ekvivalentní obyvatel označovaný EO je jednotka, která byla zavedena uměle. Používá se pro vyjádření počtu obyvatel produkující určité znečištění. Uvádí se, že jeden EO odpovídá 120-150 litrům odpadní vody za den toto množství je rovno 60 g BSK₅ za den. [31]

Tabulka 2 Znečištění na 1 EO [12]

	CHSK	NL	Ncelk	Pcelk
Znečištění (g/os.den)	120	55	11	2,5

V tabulce č. 2 jsou popsány další hodnoty znečištění v gramech na osobu za den odpovídající 1 EO.

6 KONTROLA VYBRANÝCH DOMOVNÍCH ČISTÍREN

Ve své práci jsem se zabýval třemi domovními čistírnami. Jedná se o dvě DČOV AT6 firmy AQUATEC a DČOV 5PB firmy GONAP.

6.1 ČOV GONAP 5Pb

Jedná se o domovní čistírnu s kontinuálním provozem v samonosném provedení od firmy GONAP. Čistírna je osazována na základovou betonovou desku tloušťky 150 mm. Materiál obsypu je písek, štěrk či jemná zemina. Čištění probíhá v několika stupních a to mechanické a biologické s jemnobublinnou aerací. Výrobce uvedená účinnost čistícího procesu je min. 90%. Dále je zaručen bezhlučný provoz bez zápachu, bezproblémové vyrovnaní nerovnoměrnosti přítoku, záruční i pozáruční servis, jednoduchý odběr vzorků vody a jednoduchá likvidace přebytečného kalu. [32]

Tabulka 3 Účinnost čistírny 5Pb [33]

	CHSK	BSK5	N-NH4	NL	Pcelk	Ncelk
Účinnost v %	94%	97%	89%	98%	86%	72%
Účinnost v mg/l (průměrné hodnoty)	43,25	6,45	3,64	7,55	2,64	22

V tabulce č. 3 jsou popsány hodnoty účinnosti čištění jak v % tak v mg/l. Tyto hodnoty jsou garantovány výrobcem v certifikátu výrobku.

Tabulka 4 Parametry čistírny 5Pb [32]

Počet EO	Denní průtok [m ³ /den]	Denní přínos BSK ₅ [kg/den]	Hmotnost [kg]	Rozměry [mm]	
				průměr	výška
2-6	0,75	0,3	150	1450	2000

V tabulce č. 4 jsou popsány parametry čistírny 5Pb

Tabulka 5 Technické parametry čistírny 5Pb [32]

Max. Příkon [W]	Max. Spotřeba el. en. [KWh/den]	Průměr vnější (DN) [mm]	Průměr výkopu (DN2) [mm]	Přítok. potrubí [mm]	Odtok. potrubí [mm]	Váha [kg]
60	1,1	1500	1900	110	110	150

V tabulce č. 5 jsou popsány další technické parametry čistírny 5Pb

6.1.1 ČOV AT6

Čistírna AT6 firmy Aquatec je osazována na betonovou desku o minimální tloušťce 150 mm. Jedná se o celoplastovou biologickou čistírnu. Materiál obsypu je písek, nebo tříděný drobný štěrk. Voda je v aktivační části provzdušňována skrz provzdušňovací elementy membránovým dmýchadlem. [34]

Tabulka 6 Účinnost čistírny AT6 [34]

	CHSK	BSK ₅	N-NH ₄	NL	Pcelk	Ncelk
Účinnost v %	93,6	97,2	99,4	97,1	80,2	76

Hodnoty účinnosti v tabulce č. 6 jsou udávány výrobcem a jsou garantovány certifikátem výrobku.

Tabulka 7 Parametry čistírny AT6 [34]

Průměr nádrže [mm]	Výška nádrže [mm]	Výška přítoku [mm]	Výška odtoku [mm]	Dn Přítoku/odtoku [mm]	Průměr základové desky a výkopu [mm]
1400	1800	1300	1150	125/125	2000

V tabulce č. 7 jsou popsány rozměry samotné nádrže a dalších částí čistírny AT6

Tabulka 8 Technické parametry čistírny AT6 [34]

Připojení obyvatel	Návrhový max. přítok [m ³ /den]	Návrhové zatížení [kg BSK ₅ /den]	Max příkon [W]	Napětí [V]	Průměrná spotřeba el. Energie [KWh/den]
2-5	0,60	0,24	63	230	0,5

Tabulka č. 8 popisuje parametry jako přítok, zatížení, příkon pro čistírnu určenou pro 2-5 připojených obyvatel.

Tabulka 9 Parametry kalu čistírny AT6 [34]

Koncentrace kalu [kg/m ³]	Věk kalu [den]	Produkce kalu [m ³ /rok]	Zatížení kalu [kg BSK ₅ /den]	Doba zdržení [den]
6,5	>30	1	0,034	2,5

Tabulka č. 9 popisuje parametry kalu v čistírně AT6

6.2 Sledované parametry

Sledované parametry jsou odvozeny z tabulky přílohy č. 1. Vládního nařízení 401,2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech v kategorii ČOV do 500 EO. Výrobci čistíren se také ve svých prohlášeních o vlastnostech DČOV odkazují na nařízení vlády č. 57/2016 Sb.

6.2.1 BSK

BSK je označení pro biochemickou spotřebu kyslíku. Jedná se o množství rozpuštěného kyslíku spotřebovaného v oxickém prostředí za stanovených podmínek biochemickou oxidací organických látek. Výsledná hodnota se vyjadřuje v mg/l. BSK je jedno z nejdůležitějších stanovení analýzy odpadních a povrchových vod. Díky stanovení BSK můžeme určit účinnost biologického čištění ČOV. Číslo v dolním indexu popisuje, jaká byla inkubační doba při stanovení rozpuštěného kyslíku. V České republice je používáno stanovení BSK₅ tedy po pěti dnech. [35], [12]

6.2.2 CHSK

Jedná se o chemickou spotřebu kyslíku. Koncentraci organických látek v odpadní vodě určujeme podle toho, kolik oxidačního činidla se spotřebuje za určitých podmínek na jejich oxidaci. Výsledné množství spotřebovaného činidla je dále přepočítáno na kyslík v mg/l. Rozlišujeme dvě metody určení chemické spotřeby kyslíku buď CHSK_{Cr}, nebo CHSK_{Mn}. Spodním indexem se označuje, které činidlo bylo na oxidaci použito. Pro CHSK_{Mn} je používán manganistan draselný a pro CHSK_{Cr} dichroman draselný. Metoda CHSK_{Mn} je dnes už málo používaná. Využívaná je hlavně u analýz vod pitných, užitkových a povrchových. Nevýhodou je, že manganistan má nízký stupeň oxidace většiny organických látek proto se výsledky jen zřídka blíží teoretické spotřebě kyslíku. Výhodou je, že můžeme určit organické znečištění i pod jeden mg/l. Dichroman draselný na rozdíl od manganistanu dobře oxiduje většinu organických sloučenin, proto se uplatňuje nejen u analýzy vod odpadních ale také povrchových. [36] [12]

6.2.3 NEROZPUŠTĚNÉ LÁTKY

Množství nerozpuštěných látek určujeme filtrací. Výsledná hodnota je přepočítávána na mg/l. Tato hodnota je obrazem toho do jaké míry fungují dosazovací nádrže ČOV.

6.2.4 AMONIAKÁLNÍ DUSÍK

Určuje se koncentrace amonných iontů v mg/l. Koncentrace amoniakálního dusíku nám ukazuje účinnost nitrifikace a denitrifikace čistírny.

6.3 Limity přípustného znečištění

Limity znečištění vypouštěných odpadních vod do vod povrchových jsou určovány nařízením vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Čistírny se dělí, podle EO na skupiny. Obecně platí, že čím větší čistírna tím jsou emisní standardy přísnější a je potřeba podrobnější analýza vzorků.

7 STAV VYBRANÝCH DOMOVNÍCH ČISTÍREN

Pro svou práci jsem si vybral dvě domovní čistírny Aquatec AT6 a domovní čistírnu Gonap 5Pb. Kromě odběru vzorků a jejich analýzy jsem měl šanci nahlédnout do provozních řádů těchto domovních čistíren a vizuálně zhodnotit jejich stav.

7.1 DČOV AT6-1

Tato čistírna byla nejstarší z tří mnou vybraných čistíren. Na první pohled nebylo jednoduché rozeznat odtok od přítoku a to u všech odběrů. Z části akumulární se někudy dostával kal do části odtokové a tak na první pohled působila voda v části aktivací čistějším dojmem než samotný odtok. To se také projevilo u analýzy vzorku. Voda byla v aktivaci provzdušňována téměř v celém objemu, avšak spíše většími bublinami vzduchu. Celý reaktor byl znečištěný a neudržovaný. Čistírna jednoduše nepracovala správně. Nebyla nikým kontrolována a samotný provoz nebyl s největší pravděpodobností od instalace čistírny seřizován. Odebraná voda byla značně zakalená a to například i po filtraci při analýze. I přes plastové víko čistírny byl patrný zápach.



Obrázek 12 DČOV AT6-1[foto: Černý, 2019]

7.2 DČOV AT6-2

Čistírna byla u prvního odběru v poměrně dobrém stavu. Znečištěná byla pouze u aktivační nádrže. Voda v odtokové části působila čistým dojmem, bylo možné vidět i na dno nádrže. Voda v aktivační nádrži byla provzdušňována jemnými bublinami a to ve všech místech. U ostatních odběrů jsem však viděl v odtokové části množství nerozpuštěných látek. Jednalo se o poměrně nově instalovanou čistírnu, ale celkový stav tomu neodpovídal. Funkce čistírny nebyla kontrolována. Odebraná voda byla kalná a s obsahem nerozpuštěných částic. Přes plastové víko čistírny nebyl cítit zápach.



Obrázek 13 DČOV AT6-2 [foto: Černý, 2019]

7.3 DČOV 5Pb

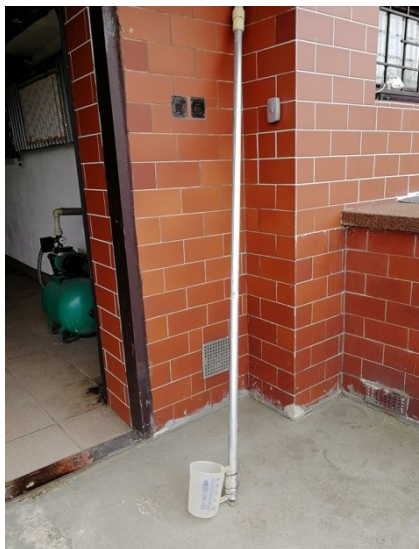
Tato čistírna byla na první pohled ve velmi dobrém stavu. Jednalo se o nově instalovanou čistírnu. Voda v odtokové části působila čistě. U třetího odběru se na hladině odtoku držely nerozpuštěné nečistoty. Čistírna byla zakryta pěnovou folií, na které byl plastový poklop. Ani po otevření víka provoz čistírny nezapáchal.



Obrázek 14 DČOV 5Pb [foto: Černý, 2019]

8 ODBĚR VZORKŮ

Vzorky jsem odebíral odběrnou tyčí složenou z kádinky připevněné k teleskopické tyči na čištění bazénu (viz Obrázek č. 15). Odebíral jsem vzorky celkem třikrát v měsíčních intervalech ve večerních hodinách.



Obrázek 15 Odběrná tyč [foto: Černý, 2019]

Odebíral jsem vždy 2 litry vzorku odtoku do dvoulitrové vzorkovnice. Láhev jsem naplnil tak až došlo k přelítí, aby ve vzorkovnici nebyl přebytečný vzduch. Označené láhve se vzorky jsem do doby analýzy uchovával v přenosné lednici. Při odběru jsem změřil teplotu vzorku a zaznamenal si čas odebrání.



Obrázek 16 Přenosná lednice se vzorkovnicemi [foto: Černý, 2019]

9 ANALÝZA VZORKŮ

Odebrané vzorky jsem analyzoval v laboratoři Vysoké školy Báňské pod dozorem vedoucí laboratoře. Vzorky jsem analyzoval nejpozději 24 hodin od odebrání.

9.1 Teplota



Obrázek 17 Měření teploty [foto: Černý, 2019]

Teplotu vyčištěné odpadní vody jsem měřil při jednotlivých odběrech teploměrem. Jelikož jsou domovní čistírny usazeny převážně v zemi, teplota odpadní vody kolísá pouze nepatrně. Naměřené výsledky jsem zpracoval do tabulky č. 10

Tabulka 10 Výsledky měření teploty

	Teplota odpadní vody [°C]
DČOV AT6-1 – 1. odběr	12
DČOV AT6-1 – 2. odběr	12
DČOV AT6-1 – 3. odběr	14
DČOV AT6-2 – 1. odběr	12
DČOV AT6-2 – 2. odběr	11

DČOV AT6-2 – 3. odběr	12
DČOV 5Pb – 1. odběr	9
DČOV 5Pb – 2. odběr	12
DČOV 5Pb – 3. odběr	14

Naměřená teplota odebrané odpadní vody se pohybovala od 9 do 14 °C a od ledna do dubna vzrostla o 3 °C (viz tabulka č. 10). Jelikož jsou vybrané čistírny usazeny v zemi, teplota odpadní vody příliš nekolísá. Měření jsem prováděl v měsících lednu, březnu a dubnu, kdy teplota okolí kolísala v řádu deseti °C. Teplota odpadní vody může ovlivnit rychlost biochemických procesů, s rostoucí teplotou se například snižuje koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě. V letních měsících se předpokládá teplota odpadní vody i přes 20 °C což už může ovlivnit účinnost čištění. Další ochranou proti kolísání teplot je víko, které chrání proces čištění před přímým slunečním svitem.

9.2 pH

U odebraných vzorků odtoků DČOV jsem měřil pH pomocí pH metru Multi 340i s elektrodou. A výsledky měření jsem zapsal do tabulky č. 11.

Tabulka 11 Výsledky měření pH

	pH
DČOV AT6-1 – 1. odběr	7,4
DČOV AT6-1 – 2. odběr	7,4
DČOV AT6-1 – 3. odběr	7,6
DČOV AT6-2 – 1. odběr	7,7
DČOV AT6-2 – 2. odběr	7,4
DČOV AT6-2 – 3. odběr	6,7
DČOV 5Pb – 1. odběr	7,5
DČOV 5Pb – 2. odběr	7,7
DČOV 5Pb – 3. odběr	7,7

Předpokládané rozmezí pH u splaškových odpadních vod je 6,5 až 7,8. U vyčištěné odpadní vody je předpokládáno kyslejší pH kvůli procesům v aktivaci. Všechny vzorky vybraných DČOV splňují toto rozmezí pH. pH vyčištěné odpadní vody nevypovídá o správné funkci čištění odpadní vody ale spíše o tom zda na čistírnu nepřitékají látky příliš zásadité či kyselé. Vody s takovým pH by mohly značně narušit účinnost biologického čištění v domovní čistírně, protože většině bakterií vyhovuje pH v rozmezí od 6 do 8.



Obrázek 18 pH metr Multi 340i [foto: Černý, 2019]

9.3 Amoniakální dusík

Amoniakální dusík jsem měřil ve vzorku zfiltrované vyčištěné odpadní vody spektrofotometricky pomocí vinanu sodného a Nesslerova činidla (viz obr 19). Pro filtraci jsem použil filtr Munktell. Měření na absorpčním spektrofotometru probíhalo v 5cm kyvetě při vlnové délce 425 nm. Vzorky jsem ředil destilovanou vodou, abych dosáhl požadovaného rozmezí spektrofotometru. Naměřenou koncentraci amoniakálního dusíku jsem podle ředění přepočtl na výslednou hodnotu v mg/l a hodnoty zapsal do tabulek pro jednotlivé čistírny. Maximální přípustná koncentrace amoniakálního dusíku podle nařízení vlády č. 401/2015 a nařízení vlády č. 57/2016 je 20 mg/l.



Obrázek 19 Stanovení amoniakálního dusíku [foto: Černý, 2019]

9.3.1 DČOV AT6-1

Tabulka 12 Výsledky Stanovení amoniakálního dusíku AT6-1

	N-NH ₄ ⁺ [mg/l]
1. odběr	99
2. odběr	92
3. odběr	85

Výsledky analýzy (viz. Tabulka č. 12) několikanásobně přesahují maximální povolenou koncentraci amoniakálního dusíku ve vyčištěné odpadní vodě. U čistírny AT6-1 nemá na toto znečištění vliv funkce aktivace a celkového čištění, jelikož docházelo ke kontaminaci odtokové části znečištěním z části přítoku a akumulace.

9.3.2 DČOV AT6-2

Tabulka 13 Výsledky stanovení amoniakálního dusíku AT6-2

	N-NH ₄ ⁺ [mg/l]
1. odběr	11
2. odběr	77
3. odběr	9

Ve vzorku z druhého odběru, koncentrace amoniakálního dusíku několikanásobně překročila povolenou koncentraci normy. V ostatních vzorcích byla koncentrace amoniakálního dusíku pod 20 mg/l a čistírna tedy v dostatečné míře odstraňovala amoniakální dusík.

9.3.3 DČOV 5Pb

Tabulka 14 Výsledky stanovení amoniakálního dusíku 5Pb

	N-NH ₄ ⁺ [mg/l]
1. odběr	49
2. odběr	78
3. odběr	69

Ve všech vzorcích odpadní vody z čistírny 5Pb byla překročena povolená koncentrace amoniakálního dusíku (viz. Tabulka č. 14). I přes zdánlivě dobrý stav čistírny a funkční aeraci vody v aktivální části ČOV nedochází k dostatečnému odstraňování amoniakálního dusíku. Jeden z důvodů může být nedostatečné množství kalu v systému a tudíž i nedostatečné množství nitrifikačních bakterií.

9.4 CHSK_{Cr}

Ke vzorku odpadní vody je přidán dichroman draselný a po inkubaci v thermoreaktoru při 148 °C probíhá měření na spektrofotometru a výsledná koncentrace je udávána v mg/l. Výsledky měření jsem zpracoval do tabulek. Maximální povolená hodnota CHSK_{Cr} podle nařízení vlády č. 401/2015 pro čistírny odpadních vod do 500 EO je 220 mg/l.



Obrázek 20 Stanovení CHSK [foto: Černý, 2019]

9.4.1 DČOV AT6-1

Tabulka 15 Výsledky stanovení CHSK AT6-1

	CHSK [mg/l]
1. odběr	545
2. odběr	490
3. odběr	1015

Maximální hodnoty CHSKer emisní normy byly několikanásobně překročeny ve všech analyzovaných vzorcích odpadní vody z čistírny AT6-1(viz tabulka č. 15). Ve vyčištěné odpadní vodě byl tedy velký obsah oxidovatelných organických látek, což vypovídá o špatném stavu čistírny. Odtok byl znečištěn odpadní vodou z přítoku a akumulační části takže tato domovní čistírna prakticky odpadní vodu nečistila.

9.4.2 DČOV AT6-2

Tabulka 16 Výsledky stanovení CHSK AT6-2

	CHSK [mg/l]
1. odběr	367
2. odběr	258
3. odběr	1230

Čistírna AT6-2 rovněž nesplnila normu (viz. Tabulka č. 16). Maximální hodnota CHSK_{Cr} byla překročena ve všech vzorcích odpadní vody. Tato domovní čistírna tedy neodstraňuje organické oxidovatelné látky v dostatečné míře.

9.4.3 DČOV 5PB

Tabulka 17 Výsledky stanovení CHSK 5Pb

	CHSK [mg/l]
1. odběr	234
2. odběr	298
3. odběr	493

V tabulce č. 17 lze vidět, že ani DČOV 5PB nesplnila emisní standardy CHSK_{Cr}. I přesto, že byla čistírna zdánlivě udržovaná, čistá a s funkční aktivací, odebraná odpadní voda obsahovala velké množství oxidovatelných organických látek. Průměrná naměřená hodnota byla nejmenší u této čistírny.

9.5 BSK₅

Pro stanovení hodnoty BSK jsem připravil zředovací vodu a po fixaci vzorku jsem v kyslíkových láhvích stanovil koncentraci rozpuštěného kyslíku v nultém dni jodometrickou titrací. Použité množství vzorku vyčištěné odpadní vody k analýze bylo určeno výsledkem stanovení CHSK_{Cr}. Tento postup jsem opakoval po inkubační době pěti dnů. Z hmotnostních koncentrací rozpuštěného kyslíku jsem vypočetl hodnotu BSK₅. Maximální hodnota BSK podle nařízení vlády č. 401/2015 pro čistírny do 500 EO je 80 mg/l.



Obrázek 21 Stanovení nerozpuštěného kyslíku [foto: Černý, 2019]

9.5.1 DČOV AT6-1

Tabulka 18 Výsledky stanovení BSK AT6-1

	BSK ₅ [mg/l]
1. odběr	38,5
2. odběr	21,4
3. odběr	57,2

Ve všech vzorcích vyčištěné odpadní vody z čistírny AT6-1 byla hodnota BSK menší než maximální povolená hodnota emisních standard. Čistírna tedy nevypouští vody s příliš vysokým obsahem aerobních organismů.

9.5.2 DČOV AT6-2

Tabulka 19 Výsledky stanovení BSK AT6-2

	BSK ₅ [mg/l]
1. odběr	46,6
2. odběr	7,2
3. odběr	71,7

Hodnota BSK byla ve všech vzorcích vyčištěné odpadní vody menší než maximální povolená hodnota BSK emisních standard. DČOV AT6-2 tedy dostatečně odstraňuje z odpadní vody aerobní mikroorganismy.

9.5.3 DČOV 5Pb

Tabulka 20 Výsledky stanovení BSK 5Pb

	BSK ₅ [mg/l]
1. odběr	12,8
2. odběr	19,4
3. odběr	20,2

DČOV 5Pb splnila u všech vzorků normu maximální přípustné hodnoty BSK. Průměrná naměřená hodnota BSK byla nejmenší z vybraných čistíren. Čistírna tedy z odpadní vody dobře odstraňuje aerobní mikroorganismy.

9.5.4 Výpočet koncentrace rozpuštěného kyslíku

$$c_m(O_2) = \frac{V_e \cdot ft \cdot c(Na_2S_2O_3) \cdot M_{O_2} \cdot 10^3}{V_k - V_{\check{c}}}$$

cm(O₂) hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vzorku [mg/dm³]

Ve spotřeba odměrného roztoku thiosíranu sodného, při titraci vzorku [ml]

ft titrační přepočítávací faktor pro jodometrické stan. rozp.O₂ ft=1/4

c(Na₂S₂O₃) látková koncentrace odměrného roztoku thiosíranu sodného [mol/dm³] = 0,01

Mo₂ molární hmotnost O₂ = 32 [g/mol]

V_k objem kyslíkové láhve

V_č celkový objem činidel přidaných při fixaci do kyslíkové láhve [ml]
(2 ml-srážecí roztok síranu manganatého, 2 ml-srážecí roztok hydroxidu draselného s jodidem a azidem.)

9.5.5 Výpočet hodnoty BSK_5

$$BSK_5 = \frac{c_{m0}(O_2) - c_{m5}(O_2) - [BSK'_5(10^3 - V_v) \cdot 10^{-3}]}{V_v \cdot 10^{-3}}$$

BSK_5	pětidenní biochemická spotřeba kyslíku vzorku vody (mg/l)
BSK'_5	pětidenní biochemická spotřeba kyslíku zředovací vody (mg/l). Vypočítá se podle vzorce a) pro koncentrace rozpuštěného kyslíku ve zředovací vodě nultý a pátý den.
BSK''_5	pětidenní biochemická spotřeba kyslíku inokula (mg/l), vypočítá se podle vzorce b) pro koncentrace rozpuštěného kyslíku zjištěné pro vzorek inokula ředěného zředovací vodou
$c_{m0}(O_2)$	hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vzorku nebo v ředěném vzorku nultý den (mg/l)
$c_{m5}(O_2)$	hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vzorku vody nebo ředěném vzorku po pěti dnech inkubace (mg/l)
V_v	objem původního vzorku vody v 1 l zředěného vzorku (ml)

9.6 Nerozpuštěné látky

Určitý objem vzorku jsem filtroval přes předem zvážený filtrační papír o velikosti pórů 0,85 mikrometrů. Vysušený filtr jsem poté znovu zvážil a z rozdílu vypočetl množství nerozpuštěných látek. Toto množství jsem přepočítal na mg/l. Maximální hodnota znečištění podle nařízení vlády č. 401/2015 pro ČOV do 500 EO je 80 mg/l.



Obrázek 22 Stanovení nerozpuštěných látek [foto: Černý, 2019]

9.6.1 DČOV AT6-1

Tabulka 21 Výsledky stanovení nerozpuštěných látek AT6-1

	Nerozpuštěné látky [mg/l]
1. odběr	236
2. odběr	190
3. odběr	238

Ve všech vzorcích odpadní vody z čistírny AT6-1 naměřené hodnoty NL (viz tabulka č. 21) téměř třikrát převýšily maximální hodnotu normy. V odtoku čistírny byly nerozpuštěné látky viditelné pouhým okem v téměř celém objemu. Po odběru byla voda zakalená. Množství nerozpuštěných látek poukazuje na špatnou funkci usazovací a dosazovací části čistírny. V tomto případě byla čistírna ve stavu, kdy se neupravená voda dostávala přímo do odtoku, a tudíž byla funkce jednotlivých částí čistírny irelevantní.

9.6.2 DČOV AT6-2

Tabulka 22 Výsledky stanovení nerozpuštěných látek AT6-2

	Nerozpuštěné látky [mg/l]
1. odběr	113
2. odběr	68
3. odběr	387

I přes zdánlivou čistotu vzorku vody z prvního odběru byla maximální hodnota normy přesažena o 33 mg/l NL. Ve druhém vzorku koncentrace nerozpuštěných látek splnila normu. U třetího odběru byl odtok zanesen viditelnými nerozpuštěnými látkami a naměřená koncentrace téměř pětkrát přesahovala maximální hodnotu normy. Čistírna byla s největší pravděpodobností přesycena a došlo ke kontaminaci odtoku z akumulární části.

9.6.3 DČOV 5Pb

Tabulka 23 Výsledky stanovení nerozpuštěných látek 5Pb

	Nerozpuštěné látky [mg/l]
1. odběr	138
2. odběr	142
3. odběr	216

Naměřená koncentrace nerozpuštěných látek ve všech vzorcích odtoku z čistírny 5Pb (viz tabulka č. 23) přesáhla maximální hodnotu normy průměrně o 85 mg/l. Je však nutno podotknout, že průměrná hodnota koncentrace nerozpuštěných látek ve vzorcích byla ze tří kontrolovaných čistíren nejmenší.

10 ZÁVĚR

Cílem mé práce bylo vyhodnotit kvalitu vyčištěných odpadních vod ze tří vybraných domovních čistíren odpadních vod. Zabýval jsem se dvěma čistírnami AT6 a jednou čistírnou 5Pb. Zhodnotil jsem stav těchto kontrolovaných čistíren a odebral tři vzorky jejich odtoku pro následnou analýzu.

V odebraných vzorcích jsem stanovil teplotu, pH, množství nerozpuštěných látek, koncentraci amoniakálního dusíku, BSK a CHSK. Výsledky měření jsem zpracoval do tabulek pro jednotlivé čistírny a naměřené hodnoty srovnal s emisními standardy.

Naměřená teplota odpadní vody se pohybovala v rozmezí od 9 do 14°C. Vybrané domovní čistírny byly usazeny v zemi a zakryty víkem díky tomu nedocházelo k velkému kolísání teploty, které by mohlo ovlivnit účinnost čištění. Naměřené pH bylo v rozmezí 6,5 – 7,8 tedy neutrální až slabě alkalické, Na čistírnu tudíž nepřitékaly vody příliš kyselé či zásadité, pH tedy nemělo negativní vliv na život bakterií, či účinnost čištění. Naměřené hodnoty BSK u všech domovních čistíren splnily normu. Koncentrace nerozpuštěných látek překračovala hodnotu normy ve všech vzorcích, což vypovídá o špatné funkci usazovací části DČOV. Maximální přípustnou koncentraci amoniakálního dusíku podle normy splnila ve dvou ze tří vzorků pouze čistírna AT6-2 což vypovídá o dostatečném množství nitrifikačních bakterií a správné funkci aktivční části. U čistírny 5Pb bylo s největší pravděpodobností příčinou velké koncentrace amoniakálního dusíku nedostatečné množství aktivovaného kalu. Naopak u čistírny AT6-1 Docházelo k přelití akumulární části čistírny a tedy ke kontaminaci odtoku. Stanovené hodnoty CHSK_{cr} Přesáhly maximální povolené hodnoty normy ve všech odebraných vzorcích. V některých vzorcích až o stovky mg/l což poukazuje na neúčinnost čištění vybraných domovních čistíren a pravděpodobně špatné složení biomasy. Vypouštěné odpadní vody byly značně znečištěny organickými oxidovatelnými látkami a mohou tak negativně ovlivnit životní prostředí.

I přes to, že byly splněny některé z emisních standardů z prohlídky čistíren, bylo znát, že nebyly udržovány, v aktivaci se ve většině případů tvořily velké bubliny a množství kalu nebylo odstraňováno. Bez pravidelné kontroly a seřizování, domovní čistírny řádně neplní svou funkci.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. *Nářízení vlády č. 401/2015 Sb.: Nářízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. In: Sbírka zákonů. 166/2015.*
2. *SOJKA, Jan, 2013. Čistírny odpadních vod: pro rodinné domy. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4504-6.*
3. *SOJKA, Jan, 2004. Malé čistírny odpadních vod. 2. aktualiz. vyd. Brno: ERA. Stavíme. ISBN 80-865-1780-2.*
4. *ŠÁLEK, Jan, 2012. Voda v domě a na chatě: využití srážkových a odpadních vod. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3994-6.*
5. *BIO-S, 2001. In: Separa [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <http://www.separa.cz/produkty/cistirny-odpadnich-vod/pro-chaty-a-chalupy/>*
6. *Segnerovo kolo, 2001. In: Hornicko-geologická fakulta [online]. Ostrava: VŠB -TU Ostrava [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: http://hgfl0.vsb.cz/546/bmzo/pages/Biologicke_filtry.html*
7. *Čistírny odpadních vod, 2001. In: Separa [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: http://hgfl0.vsb.cz/546/bmzo/pages/Biologicke_filtry.html*
8. *AS-KLARO PZV, 2012. In: Asio [online]. ASIO, spol. s r.o. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-klaro-pzv>*
9. *AGAR, In: TechPark [online]. TechPark [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: http://www.techpark.sk/technika-782014/ARAD_casopis_Technika_progresivne-technologie-pre-cistenie-odpadovych-vod.html*

10. *BioCleaner*, In: *Envi-pur* [online]. Praha: TechPark [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <http://www.envi-pur.cz/cz/domovni-mbr-cistirny-odpadnich-vod/>
11. ČR. Zákon č. 254/2001 Sb.: *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*. In: *Sbírka zákonů*. 98/2001.
12. PITTER, Pavel, 1999. *Hydrochemie*. 3., přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 80-030-0525-6.
13. *What is wastewater*, 2014. *Eschooltoday* [online]. AQUASTAT [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <http://www.eschooltoday.com/wastewater/what-is-wastewater.html>
14. *Wastewater characteristics and effluent quality parameters*, 2014. *Food and Agriculture Organization of the United Nations* [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/t0551e/t0551e03.htm>
15. *Acid Rain: Causes, Effects and Solutions*, *LiveScience* [online]. [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <https://www.livescience.com/63065-acid-rain.html>
16. DOHÁNYOS, Michal, Nina STRNADOVÁ a Jan KOLLER, 1995. *Čištění odpadních vod*. Vyd. 1. (dot.). Praha: Vysoká škola chemicko-technologická. ISBN 80-708-0207-3.
17. MALÝ, Josef a Jitka MALÁ, c2006. *Chemie a technologie vody*. 2., dopl. vyd. Brno: ARDEC. ISBN 80-860-2050-9.
18. SLAVÍČKOVÁ, Kateřina a Marek SLAVÍČEK, 2013. *Vodní hospodářství obcí 1: úprava a čištění vody*. 2., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické. ISBN 978-80-01-05390-4.
19. *Lapák šterku*. *Ekoprogres* [online]. Hranice I – Město: Ekoprogress [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <https://www.ekoprogres.cz/soubor/lapak-sterku/>
20. *Kompaktní čistírny*. In: *Envi-pur* [online]. [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <http://www.envi-pur.cz/cz/kompaktni-cistirny-odpadnich-vod/>
21. HLAVÍNEK, Petr, Jan MIČÍN a Petr PRAX, c2001. *Příručka stokování a čištění*. Brno: NOEL 2000. ISBN 80-860-2030-4.

22. PECHÁČEK, Jiří. Čištění odpadních vod. Katedra energetických strojů a zařízení [online]. Fakulta strojní Západočeské univerzity v Plzni [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: https://kke.zcu.cz/export/sites/kke/about/projekty/enazp/projekty/16_Chemie-a-ekologie_43-44/44_MMP/081_cistení-odpadních-vod---Pechacek.pdf
23. Ručně stírané česle. In: Asio [online]. [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-cesle>
24. Dvoukomorový provzdušňovaný lapák písku, In: GFŽ [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: http://www.gym-bohumin.cz/predmet/ch/cisticka/1/model_cov/html/lapak_pisku_f.html
25. KYNCL, Miroslav, 2007. Technologie, zpracování a využití vodárenských kalů: monografie. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-1604-3.
26. Rekonstrukce ČOV Uničov, In: Arko [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <http://arko-brno.cz/cs/reference/cistirny-odpadnich-vod-a-kanalizace/rekonstrukce-cov-unicov>
27. Charakteristika a rozdělení stavby, Mendelova univerzita v Brně [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=2187
28. MITTAL, Arun, 2011. Biological Wastewater Treatment. Water today. 2011, 32-33.
29. Aktivační nádrže, In: Gymnázium Svitavy [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <http://www.gy.svitavy.cz/kabinety/kabinet-chemie/fotogalerie/exkurze-do-cisticky-odpadnich-vod1/2222>
30. Nitrification and denitrification, PCA water treatment [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://pcawater.com/en/technologies/biological-water-treatment/nitrification-and-denitrification>
31. Výpočet počtu ekvivalentních obyvatel, Tzbinfo [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/151-vypocet-poctu-ekvivalentnich-obyvatel>

32. *Všeobecné pokyny pro osazování, Gonap [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://www.gonap.cz/soubory/file197.pdf>*
33. *Prohlášení o vlastnostech č. 02/2016, Gonap [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://www.gonap.cz/soubory/file221.pdf>*
34. *Provozní řád, Domovní čističky odpadních vod [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://www.cisteniodpadnichvod.cz/wp-content/uploads/Provozn%C3%AD-%C5%99%C3%A1d-a-n%C3%A1vod-k-obsluze-domovn%C3%AD-%C4%8COV-AT6-AT20.pdf>*
35. *Dissolved Oxygen and Biochemical Oxygen Demand, EPA United States Environmental Protection Agency [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/vms52.html>*
36. *COD or Chemical Oxygen Demand definition, Camlab The laboratory people [online]. [cit. 2019-04-21]. Dostupné z: <https://camlab.info/wp/index.php/272/>*

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BSK – Biochemická spotřeba kyslíku

BSK₅ – Biochemická spotřeba kyslíku po pěti dnech

CE – conformité européenne

CHSK – Chemická spotřeba kyslíku

ČOV – Čistírna odpadních vod

ČSN – Československá norma

DČOV – domovní čistírna odpadních vod

DN – jmenovitá světlost

EHS – Evropské hospodářské společenství

EN – Evropská norma

EO – ekvivalentní obyvatel

N_{celk} – celkový dusík

NL – nerozpuštěné látky

P_{celk} – Celkový fosfor

pH – power of hydrogen

RL – rozpuštěné látky

Sb. – Sbírka zákonů

SBR – sequencing batch reactor

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Anaerobní čistírna odpadních vod [5]	3
Obrázek 2 Zkrápěný filtr [6]	4
Obrázek 3 Rotační biofilmové reaktory [7]	5
Obrázek 4 SBR reaktor [8].....	5
Obrázek 5 Nosič biomasy [9].....	6
Obrázek 6 ČOV s membránovou filtrací [10].....	7
Obrázek 7 Lapák šterku [20].....	11
Obrázek 8 Ručně stírané česle [23].....	12
Obrázek 9 Lapák písku [24].....	12
Obrázek 10 Usazovací nádrž [26].....	13
Obrázek 11 Aktivační nádrže [29]	14
Obrázek 12 DČOV AT6-1[foto: Černý, 2019]	21
Obrázek 13 DČOV AT6-2 [foto: Černý, 2019]	22
Obrázek 14 DČOV 5Pb [foto: Černý, 2019].....	22
Obrázek 15 Odběrná tyč [foto: Černý, 2019]	23
Obrázek 16 Přenosná lednice se vzorkovnicemi [foto: Černý, 2019].....	23
Obrázek 17 Měření teploty [foto: Černý, 2019]	24
Obrázek 18 pH metr Multi 340i [foto: Černý, 2019].....	26
Obrázek 19 Stanovení amoniakálního dusíku [foto: Černý, 2019].....	27
Obrázek 20 Stanovení CHSK [foto: Černý, 2019]	29
Obrázek 21 Stanovení nerozpuštěného kyslíku [foto: Černý, 2019]	31
Obrázek 22 Stanovení nerozpuštěných látek [foto: Černý, 2019]	34

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Složení splaškových odpadních vod [12]	10
Tabulka 2 Znečištění na 1 EO [12]	16
Tabulka 3 Účinnost čistírny 5Pb [33]	16
Tabulka 4 Parametry čistírny 5Pb [32]	17
Tabulka 5 Technické parametry čistírny 5Pb [32].....	17
Tabulka 6 Účinnost čistírny AT6 [34]	17
Tabulka 7 Parametry čistírny AT6 [34]	18
Tabulka 8 Technické parametry čistírny AT6 [34].....	18
Tabulka 9 Parametry kalu čistírny AT6 [34]	18
Tabulka 10 Výsledky měření teploty	24
Tabulka 11 Výsledky měření pH	25
Tabulka 12 Výsledky Stanovení amoniakálního dusíku AT6-1	27
Tabulka 13 Výsledky stanovení amoniakálního dusíku AT6-2.....	27
Tabulka 14 Výsledky stanovení amoniakálního dusíku 5Pb	28
Tabulka 15 Výsledky stanovení CHSK AT6-1.....	29
Tabulka 16 Výsledky stanovení CHSK AT6-2.....	29
Tabulka 17 Výsledky stanovení CHSK 5Pb	30
Tabulka 18 Výsledky stanovení BSK AT6-1	31
Tabulka 19 Výsledky stanovení BSK AT6-2	31
Tabulka 20 Výsledky stanovení BSK 5Pb	32
Tabulka 21 Výsledky stanovení nerozpuštěných látek AT6-1	34
Tabulka 22 Výsledky stanovení nerozpuštěných látek AT6-2	35
Tabulka 23 Výsledky stanovení nerozpuštěných látek 5Pb.....	35